

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-202810

(43)Date of publication of application : 04.09.1991

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

G02B 6/12

(21)Application number : 01-340430

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 29.12.1989

(72)Inventor : KIYONO MINORU
YAMANE TAKASHI
DOI MASAHARU
KUBOTA YOSHINOBU
NAKAZAWA TADAO

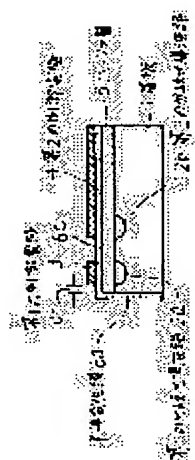
(54) OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress the leakage of the electric lines of force in a side end part to a small level and to improve the performance of an optical modulator by coating one main surface and one side end face of a substrate with a semiconductor film.

CONSTITUTION: The substrate 1 is formed with 1st and 2nd branched optical waveguides 2a, 2b on one main surface thereof and is formed with 1st and 2nd control electrodes 3, 4 thereon. The semiconductive film 6 is formed on the main surface disposed with the electrodes 3, 4 of the substrate 1 and the side end face near the 1st control electrode 3. The leakage of the electric lines of force to the outside space in the side end part of the substrate 1 is suppressed to the low level even if the width of the optical waveguide device is small. There is, therefore, substantially no disturbance in the electric field distribution near the two branched optical waveguides 2a, 2b and the generation of a change in the refractive index occurring in a temp. change is obviated.

The generation of a shift in the operating point of the optical modulator and a fluctuation in an extinction ratio is obviated in this way.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑤ Int. Cl.⁵G 02 F 1/035
G 02 B 6/12

識別記号

J
M

庁内整理番号

8106-2H
7036-2H
7036-2H

④ 公開 平成3年(1991)9月4日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑥ 発明の名称 光導波路デバイスおよびその製造方法

⑦ 特 願 平1-340430

⑧ 出 願 平1(1989)12月29日

⑦ 発 明 者 清 野 賢 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑦ 発 明 者 山 根 隆 志 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑦ 発 明 者 土 居 正 治 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑦ 発 明 者 久 保 田 嘉 伸 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内
⑦ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
⑦ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

光導波路デバイスおよびその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1)電気光学効果と焦電効果を有する基板(1)の一方の主面上に、第1および第2の分岐光導波路(2a, 2b)を有する光導波路(2)を設け、前記分岐光導波路(2a, 2b)の上方に第1の制御電極(3)および第2の制御電極(4)を配設してなる光導波路デバイスにおいて、

前記基板(1)の2つの主面のうちの少なくとも前記制御電極(3, 4)が配設された一方の主面と、

前記基板(1)の2つの側端面のうちの少なくとも入力信号用の第1の制御電極(3)に近接した一方の側端面とに半導電性膜(6)を形成することを特徴とした光導波路デバイス。

(2)電気光学効果と焦電効果を有する基板用ウエーハ(10)に第1および第2の分岐光導波路(2a, 2

b)を有する光導波路(2)を形成する工程と、
前記ウエーハ(10)上にバッファ層(5)を形成する工程と、

前記第1の分岐光導波路(2a)に近接して前記ウエーハ(10)に溝(7)を形成する工程と、

前記ウエーハ(10)に形成されたバッファ層(5)の上と前記溝(7)の内側面に半導電性膜(6)を形成する工程と、

前記分岐光導波路(2a, 2b)の上方に前記バッファ層(5)と半導電性膜(6)を介して第1および第2の制御電極(3, 4)を形成する工程と、

前記溝(7)の部分で前記ウエーハ(10)を切断して光導波路デバイスチップを形成する工程とを少なくとも含むことを特徴とした請求項(1)記載の光導波路デバイスの製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

光導波路デバイスとその製造方法に関し、
高速・高安定動作を求められる光導波路デバイ

ス、たとえば、外部光変調器において、周囲温度の変化による動作点の変動などを防止することを目的とし、

電気光学効果と焦電効果を有する基板の一方の主面に、第1および第2の分岐光導波路を有する光導波路を設け、前記分岐光導波路の上方に第1の制御電極および第2の制御電極を配設してなる光導波路デバイスにおいて、前記基板の2つの主面のうちの少なくとも前記制御電極が配設された一方の主面と、前記基板の2つの側端面のうちの少なくとも入力信号用の第1の制御電極に近接した一方の側端面とに半導電性膜を形成して光導波路デバイスを構成する。そして、前記光導波路デバイスは電気光学効果と焦電効果を有する基板用ウエーハに光導波路を形成する工程と、前記ウエーハ上にバッファ層を形成する工程と、第1の分岐光導波路に近接してウエーハに溝を形成する工程と、バッファ層の上と溝の内側面に半導電性膜を形成する工程と、分岐光導波路の上方に前記バッファ層と半導電性膜を介して第1および第2

の制御電極を形成する工程と、前記溝の部分でウエーハを切断して光導波路デバイスチップを形成する工程とから製造することができる。

〔産業上の利用分野〕

本発明は、高速・高安定な光導波路デバイス、とくに、電気光学結晶を基板とする外部光変調器の温度特性の改善に関する。

最近の光通信システムの光送信系において、たとえば、1.6 GHz 程度までの光通信システムにおいては、レーザダイオード(LD)を直接変調する方式を用いてきたが、変調周波数がより高くなると変調光波長の時間的微小変動、いわゆる、波長チャープ現象が起こり高速化と長距離通信への限界となる。

一方、今後ますます大容量・長距離通信の要求が強まってくるので、より高速、かつ、温度安定性の高い光導波路デバイス、たとえば、外部光変調器の開発が求められている。

〔従来の技術〕

高速光変調方式としては、半導体レーザ光を外部で変調する外部変調方式、とくに、電気光学結晶基板上に分岐光導波路を設け、進行波電極で駆動するマッハツェンダ型光変調器が知られている。

第8図は光変調器の基本構成例を示す図で、同図(イ)は平面図、同図(ロ)はY-Y'断面図である。

図中、1は平面に加工した電気光学効果を有する基板、たとえば、 LiNbO_3 基板である。2は光導波路で中間に分岐光導波路2a, 2bが形成されている。この光導波路は通常基板の表面にTiなどの金属を、光導波路部分だけに選択的に拡散させ、その部分の屈折率を回りの部分よりも少し大きくするようにしてある。3は第1の制御電極で、たとえば、進行波信号電極、4は第2の制御電極、たとえば、接地電極である。5は光導波路上の金属電極層への光の吸収を小さくするためのバッファ層で、通常、 SiO_2 などの薄膜が用いられている。

第1の制御電極3と第2の制御電極4はバッファ層5を介して光導波路上に、Auなどの金属を蒸着あるいはメッキによって形成している。

いま、たとえば、こゝには図示していない半導体レーザから発した直流光が左側の光導波路2から入り、分岐光導波路2a, 2bで2つに分けられ、その間に、第1の制御電極3に高周波変調信号源8から信号電圧を印加すると、基板上に設けられた前記分岐光導波路2a, 2bにおける電気光学効果によって分岐された両光に位相差が生じる。この両光を再び合流させて、右側の一本の光導波路2から変調された光信号出力を取り出し、こゝに図示していない光検知器で電気信号に変換するように構成されている。前記分岐光導波路2a, 2bにおける両光の位相差が0、あるいは、 π になるように駆動電圧を印加すれば、たとえば、光信号出力はON-OFFのパルス信号として得られる。なお、 R_T は終端抵抗である。

第9図は温度変化による焦電効果を示す断面図である。通常、基板1には電気光学効果の大きい

酸化物単結晶 LiNbO_3 、あるいは、 LiTaO_3 のZカット板が用いられている。これらの単結晶はいずれも菱面体晶系に属し比較的大きな焦電効果を有することが知られている。したがって、基板温度の上昇、あるいは、下降にともなって、たとえば、図示したごとき分極を生じ、基板の両面には正負の電荷が発生するが、バッファ層5を介して金属膜からなる第1および第2の制御電極3、4があるために基板1中の電界分布が乱され、その結果第1および第2の分岐光導波路(2a, 2b)の屈折率が異なることとなる。このことは、光変調器で言えば温度変化にともなって動作点がシフトすることであり、光変調器の不安定動作を招くことになる。

このような焦電効果による不安定性を改善する方法がすでに提案されており、たとえば、第5図は従来の焦電効果の影響を防止する例を示す断面図である。すなわち、バッファ層5の上に動作電圧特性に影響を及ぼさない程度の比較的高抵抗の半導電性膜6c、たとえば、Si膜を形成してある。

第6図は基板巾を狭くした光変調器素子と電界分布を示す断面図である。すなわち、第1の制御電極3のエッジと基板1の側端部との間隔 d_1 は、たとえば、0.1 mm以下であり、第5図の場合の d_0 が、たとえば2 mm以上であるのに比較して1/20以下と極めて小さな値になっている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、上記第6図に示したように第1の制御電極3のエッジと基板1の側端部との間隔 d_1 が極めて小さくなってくると、図示したようにそのエッジ部分で電界分布が乱れ、その結果、第1および第2の分岐光導波路2a, 2bの屈折率が異なることになり、その屈折率差は温度変化にともなって変動し、光変調器の不安定動作を招くことになる。

第7図の②の一点鎖線はその動作点シフトの例を示したもので、 10°C から 50°C の範囲で約1.5Vのシフトがあり、このまゝでは実用的に使用することができないという問題があり、その解決が必要であった。

これによって、図示したごとき基板1の中の電界分布は一様となり、したがって、第1および第2の分岐光導波路(2a, 2b)に屈折率の差が生じることはなく、温度変化があっても光変調器の動作点がシフトせず、極めて安定な光変調器が得られる。

第7図は焦電効果にもとづく動作点シフトを示す図で、縦軸に動作点シフトを、横軸に温度をとってある。図中、④の点線は前記第8図、第9図で説明した基本構成例の場合で、温度変化に対して極めて不安定な動作を示すことがわかる。一方、③の破線は前記第5図で説明した半導電性膜6cを設けた従来例のデータで広い範囲にわたって極めて安定な動作をすることがわかる。

しかし、最近では光変調器素子の小形化の要求が強く、また、その巾方向の寸法をできるだけ小さくすることによって、同一基板からとれる光変調器チップの数量を増やして光変調器の価格低減を図るために、進行波信号電極である第1の制御電極3に近接したぎりぎりのところまでカットするようになってきた。

〔課題を解決するための手段〕

上記の課題は、電気光学効果と焦電効果を有する基板1の一方の主面上に、第1および第2の分岐光導波路2a, 2bを有する光導波路2を設け、前記分岐光導波路2a, 2bの上方に第1の制御電極3および第2の制御電極4を配設してなる光導波路デバイスにおいて、前記基板1の2つの主面のうちの少なくとも前記制御電極3および4が配設された一方の主面と、前記基板1の2つの側端面のうちの少なくとも入力信号用の第1の制御電極3に近接した一方の側端面とに半導電性膜6を形成した光導波路デバイスにより解決することができる。

そして、前記光導波路デバイスは電気光学効果と焦電効果を有する基板用ウエーハ10に第1および第2の分岐光導波路2a, 2bを有する光導波路2を形成する工程と、前記ウエーハ10上にバッファ層5を形成する工程と、前記第1の分岐光導波路2aに近接して前記ウエーハ10に溝7を形成する工

程と、前記ウエーハ10に形成されたバッファ層5の上と前記溝7の内側面に半導電性膜6を形成する工程と、前記分岐光導波路2a, 2bの上方に前記バッファ層5と半導電性膜6を介して第1および第2の制御電極3, 4を形成する工程と、前記溝7の部分で前記ウエーハ10を切断して光導波路デバイスチップを形成する工程とを少なくとも含む方法により製造することができる。

〔作用〕

本発明の構成によれば、光導波路デバイスの巾が細い場合でも、基板1の主面だけでなくその側端部まで連続して高抵抗の半導電性膜6で覆っているので、基板1の側端部で電気力線が外部空間に洩れるのを極めて小さく抑えることができる。したがって、2つの分岐光導波路2a, 2b近傍での電界分布の乱れがほとんどなく、温度変化に起因する屈折率変化が生ぜず光変調器の動作点シフトや消光比の変動は起こらない。

および第2の制御電極間で0.1～5 M Ω の範囲になるように調整した。第1の制御電極3はAu/Tiの2層膜を蒸着したのち、分岐光導波路2aの上に巾9 μ mの電極形状にパターンエッチングし、さらに、その上に厚さ3 μ mのAuをメッキにより付着形成した。第1の制御電極3のエッジと基板1の側端部との間隔 d_1 は0.1 mmになるようにした。第2の制御電極4は第1の制御電極3と同様のプロセスで巾広く、すなわち、接地電極として有効に働くように第1の制御電極形成と同時に形成した。

第2図は本発明の効果を示す断面図で、縦軸に動作点シフトを、横軸に温度をとってある。

図中、①の実線は前記本発明実施例の温度変化にともなう動作点シフトを示すデータである。一方、②の一点鎖線は第7図の②の一点鎖線と同じもので、すなわち、分岐光導波路2a, 2bや第1および第2の制御電極3, 4の配置は前記第1図で説明した実施例と同一であり、たゞ異なるのは基板1の側端部に半導電性膜6aが形成されていない従来例のデータである。本発明実施例が従来の光変

〔実施例〕

第1図は本発明の実施例を示す断面図である。図中、6(6a, 6c)は半導電性膜である。

なお、前記従来例の諸図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。

基板1には大きさ60 mm \times 2 mm、厚さ1 mmのLiNbO₃のZ板の表面を鋭面研磨して使用した。この基板の上にTiを約90 nmの厚さに真空蒸着し、分岐光導波路2aおよび2bを含む光導波路2に相当する部分にTiが残るように通常のホットエッチング法で処理したのち、約800 $^{\circ}$ CでTiをLiNbO₃中に熱拡散して全光導波路2を形成した。

分岐光導波路部分の長さは50 mm、光導波路の幅は全て7 μ mになるように調整した。バッファ層5は厚さ300 nmのSiO₂膜を用いた。

半導電性膜6(6a, 6c)は厚さ100 nmのSi膜を用い、基板1の一方の主面と一方の側端面とに、たとえば、蒸着により形成し、その膜抵抗は第1

調器に比較して、広い温度変化領域にわたって極めて安定に動作可能であることがわかる。

第3図は本発明の他の実施例を示す断面図である。本実施例の場合は基板1の側面だけでなく、基板1のもう一方の主面、すなわち、裏面にも半導電性膜6(6b)を形成して、さらに、安定化効果を高めるようにしたものである。

次に、本発明による素子を具体的に形成するための製造方法の実施例を以下に示す。

第4図は本発明の製造方法の主な工程を示す断面図である。図中、7は溝、10はウエーハである。

なお、前記の諸図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。

工程(1):ウエーハ10、たとえば、直径100 mm ϕ 、厚さ1 mmのZカットLiNbO₃単結晶板の一方の主面に、第1および第2の分岐光導波路2a, 2bを有する光導波路2をTiを熱拡散することによって多数形成する。

工程(2):上記処理ウエーハの上に厚さ300 nm

のSiO₂膜からなるバッファ層5をCVD法で形成する。

工程(3):上記処理ウエーハの第1の分岐光導波路2aに近接して、たとえば、間隔 $d_1=0.15\text{mm}$ となるように前記ウエーハ10に溝7、たとえば、巾 0.3mm 、深さ 0.4mm の溝を、たとえば、ダイヤモンドブレードを用いたカッティングマシンで形成する。

工程(4):上記処理ウエーハのバッファ層5の上と溝7の両内側面に、半導電性膜6(6a,6c)を、たとえば、厚さ 100nm のSi膜を、たとえば、蒸着により形成する。その膜抵抗は第1および第2の制御電極間で $0.1\sim5\text{M}\Omega$ の範囲になるように調整すればよい。

工程(5):上記処理ウエーハの分岐光導波路2a,2bの上方に第1および第2の制御電極3,4を、たとえば、厚さ $0.3\mu\text{m}$ のAu/Tiの膜を蒸着したあと所定の形状にパターンエッチングし、その上に厚さ $3\mu\text{m}$ のAuのメッキを行う。

工程(6):上記処理ウエーハを前記溝7の部分と

それに直交する各デバイスの境界部分で、たとえば、 0.2mm φのワイヤソーを用いて切断し個別光導波路デバイスチップを形成する。

かくして、基板1の一方の主面と両方の側端面の一部分までに、連続したSi膜からなる半導電性膜6(6a,6c)が形成された本発明の光導波路デバイス、たとえば、光変調器が得られる。

なお、半導電性膜6(6a,6c)は側端面全体でなく、本実施例のごとくその一部分であっても光導波路2a,2bの深さに対して十分に深いところまで被覆してあれば大きな効果が得られることを確認した。

また、半導電性膜6は、たとえば、上記の範囲のごとき抵抗値のものであれば、それによる光導波路デバイス、たとえば、光変調器の高周波特性の劣化などは認められなかった。

以上述べた実施例は数例を示したもので、光変調器だけでなく、方向性結合器型スイッチ、全反射型スイッチなど焦電効果を有する基板を用いたその他の光導波路デバイスにも有効であり、また、本発明の趣旨に添うものである限り、使用する素

材や構成、寸法、製作プロセスなど適宜好ましいもの、あるいはその組み合わせを用いることができることは言うまでもない。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば光導波路デバイスの巾が細い場合でも、基板1の主面だけでなくその側端面まで連続して高抵抗の半導電性膜6で覆ってあるので、基板1の側端面で電気力線が外部空間に洩れるのを極めて小さく抑えることができる。したがって、2つの分岐光導波路2a,2b近傍での電界分布の乱れがほとんどなく、温度変化に起因する屈折率変化が生ぜず光変調器の動作点シフトが起こらないので、光導波路デバイス、たとえば、光変調器の性能および品質の向上に寄与するところが極めて大きい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例を示す断面図、

第2図は本発明の効果を示す図、

第3図は本発明の他の実施例を示す断面図、

第4図は本発明の製造方法の主な工程を示す断面図、

第5図は従来の焦電効果の影響を防止する例を示す断面図、

第6図は基板巾を狭くした光変調器^{素子}と電界分布を示す断面図、

第7図は焦電効果にもとづく動作点シフトを示す図、

第8図は光変調器の基本構成例を示す図、

第9図は温度変化による焦電効果を示す断面図である。

図において、

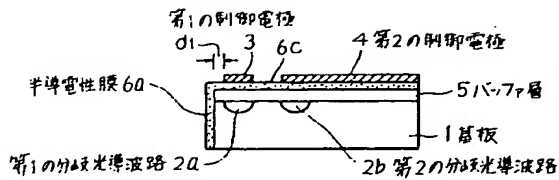
1は基板、2は光導波路、

2aおよび2bは第1および第2の分岐光導波路、

3は第1の制御電極、4は第2の制御電極、

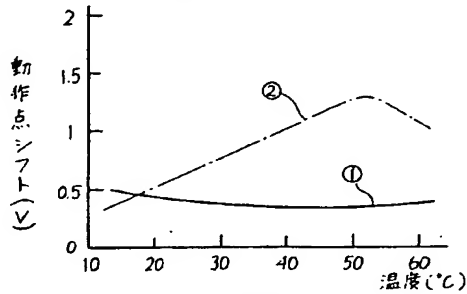
5はバッファ層、6(6a,6b,6c)は半導電性膜、

7は溝、10はウエーハである。



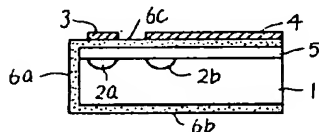
本発明の実施例を示す断面図

第 1 図



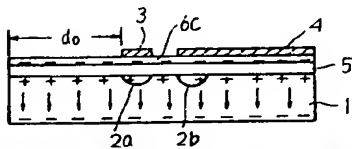
本発明の効果を示す図

第 2 図



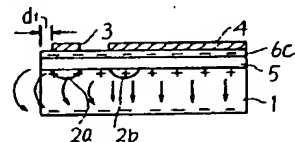
本発明の他の実施例を示す断面図

第 3 図



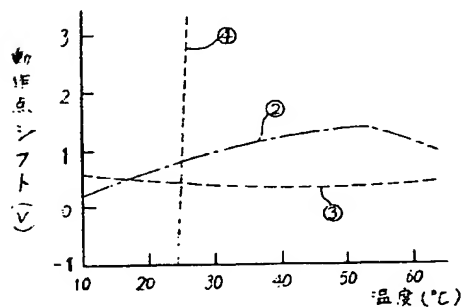
従来の焦電効果の影響を防止する例を示す断面図

第 5 図



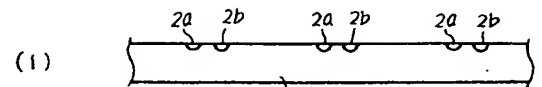
基板膜を挟んだ光変調器素子と電界分布を示す断面図

第 6 図

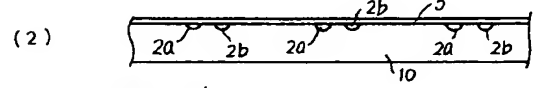


焦電効果による動作点シフトを示す図

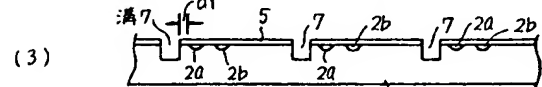
第 7 図



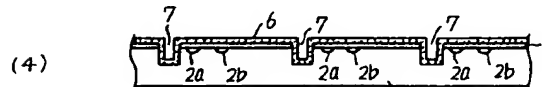
(1)



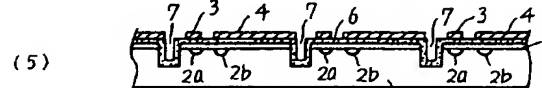
(2)



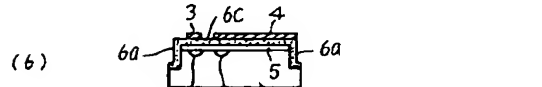
(3)



(4)



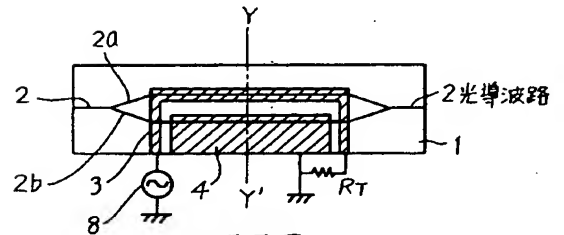
(5)



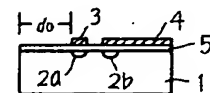
(6)

本発明の製造方法の主な工程を示す断面図

第 4 図



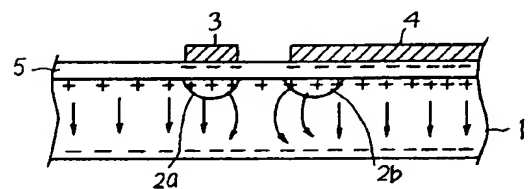
(1) 平面図



(2) Y-Y'断面図

光変調器の基本構成例を示す図

第 8 図



温度変化による焦電効果を示す断面図

第 9 図